

Paradoks dalam Logika Induktif : *Hempel's Raven*

Karunia Ramadhan (13508056)

Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10, Bandung
e-mail: if18056@students.if.itb.ac.id atau ruka@students.itb.ac.id

ABSTRAK

Logika berasal dari kata Yunani Kuno *λόγος* (*logos*) yang berarti hasil pertimbangan akal pikiran yang diutarakan lewat kata dan dinyatakan dalam bahasa.[5] Logika merupakan salah satu bentuk dasar dari matematika dan merupakan materi pokok utama dari Struktur Diskrit yang penulis pelajari.

Salah satu dasar penalaran logika adalah penalaran secara induktif. Logika induktif sering dipakai dalam pembuatan hipotesis setelah melalui serangkaian observasi yang merupakan rangkaian dari penelitian ilmiah.

Kemudian, kira-kira tahun 1940an, Carl Gustav Hempel mengajukan suatu paradoks yang menampilkan masalah dari logika induktif. Paradoks bernama *Hempel's Raven* ini merupakan teka-teki terkenal tentang logika induktif dan membuka cara pandang baru bagi sebagian orang. Apakah kita benar-benar bisa membuktikan bahwa “semua gagak berwarna hitam.” dengan melihat benda apapun yang berwarna tidak hitam dan bukan gagak? Manakah yang salah dalam paradoks ini? Apakah kondisi ekivalen yang dilakukan? Apakah *Nicod's Criterion*? Apakah konklusi yang paradoks dapat diterima?

Kata kunci: Logika, Logika Induktif, Carl Gustav Hempel, *Hempel's Raven*, paradoks.

1. PENDAHULUAN

Andaikan anda melihat seekor gagak, dan anda melihat gagak tersebut berwarna hitam. Beberapa saat kemudian, anda kembali melihat beberapa ekor gagak dan kebetulan, mereka semua berwarna hitam. Waktu terus berlalu dan anda melihat banyak gagak, dan semua gagak yang anda lihat berwarna hitam. Anda mungkin akan berpikir, “Ini tidak mungkin kebetulan” dan dengan insting seorang *scientist* yang baik dalam mengobservasi, anda akan membuat sebuah hipotesis : Semua gagak berwarna hitam.

Observasi, lalu membuat hipotesis induktif, dan lalu melakukan eksperimen untuk membuktikan kebenarannya. Setiap penemuan seekor gagak hitam akan menguatkan hipotesis kita dan seiring dengan waktu, bila tidak ada gagak berwarna lain yang ditemukan, hipotesis kita akan menjadi hukum.

Hempel's Raven menggunakan prinsip ekivalen, dimana bisa dikatakan berdasarkan hipotesis di atas bahwa 'jika sebuah objek tidak berwarna hitam, maka itu bukanlah gagak. Maka, jika setiap ada sebuah gagak hitam akan menguatkan hipotesis kita, maka setiap ada sebuah benda yang tidak hitam dan bukan gagak akan sama menguatkan hipotesis tersebut.

Sekarang, anda melihat telepon anda. Warnanya putih. Dan itu bukanlah gagak. Celana anda berwarna biru. Langit berwarna biru. Daun berwarna hijau. Semuanya menguatkan hipotesis anda tentang 'semua gagak berwarna hitam. Konyol kah? Tidak menurut hukum logika, karena setiap observasi kecuali satu saja yang berlawanan dengan hipotesis anda akan mendukungnya, meskipun hal itu sama sekali tidak relevan. [7]

Karena itu, di makalah ini, penulis akan membahas beberapa pendekatan untuk mencapai solusi yang dilakukan untuk menyelesaikan teka-teki *Hempel's Raven*.

2. LANDASAN TEORI

Di bagian ini, penulis akan memberikan penjelasan tentang penalaran induktif atau sering juga disebut logika induktif, teorema Bayes beserta permasalahan *Hempel's Raven*.

2.1 Logika Induktif

Logika induktif adalah penalaran yang berangkat dari serangkaian fakta-fakta khusus untuk mencapai kesimpulan umum.[3] Logika induktif juga bisa dilihat sebagai sebuah bentuk dari pembentukan teori, dimana fakta-fakta yang cukup spesifik digunakan untuk membuat sebuah teori yang menjelaskan keterhubungan antar fakta dan mengijinkannya untuk membuat prediksi kedepan. Premis dari argumen logika induktif memiliki sejumlah derajat kebenaran (probabilitas induktif) tapi tidak menjaminnnya secara utuh. Induksi digunakan untuk

menggambarkan hubungan berdasarkan observasi, atau untuk membuat hukum berdasarkan observasi yang terbatas dari fenomena yang berulang. Contoh argumen induktif:

1. Kuda Sumba punya sebuah jantung
2. Kuda Australia punya sebuah jantung
3. Kuda Amerika punya sebuah jantung
4. Kuda Inggris punya sebuah jantung
5. ...
6. ∴ Setiap kuda punya sebuah jantung

Contoh lain adalah :

“3+5=8, dan 8 adalah bilangan genap. Maka, sebuah bilangan ganjil bila ditambahkan dengan bilangan ganjil lainnya akan menghasilkan bilangan genap.”

Perlu diketahui bahwa induksi matematika adalah bukan merupakan bentuk dari penalaran induktif, tapi merupakan bentuk dari penalaran deduktif. Tabel di bawah ini menunjukkan beberapa ciri utama yang membedakan penalaran induktif dan deduktif.

Tabel 1. Tabel Perbedaan Penalaran Deduktif dengan Induktif

Deduktif	Induktif
Jika semua premis benar maka kesimpulan pasti benar.	Jika premis benar, kesimpulan mungkin benar, tapi pasti tidak benar.
Semua informasi atau fakta pada kesimpulan sudah ada, sekurangnya secara implisit, dalam premis.	Kesimpulan memuat informasi yang tidak ada, bahkan secara implisit, dalam premis.

Tipe-tipe dari penalaran induktif :

1. Generalisasi : premis dari suatu sampel menghasilkan kesimpulan tentang suatu populasi.
2. Silogisme stasistik : menghasilkan kesimpulan tentang sebuah individual dari generalisasi.
3. Induksi simplel : premis dari suatu grup sampel menghasilkan kesimpulan tentang individual lain.
4. Argumen dari analogi : Bergantung pada kesamaan atribut yang similiar.
5. *Causal inference*
6. Prediksi : mengambil kesimpulan tentang masa depan individu dari sampel masa lalu.

2.2 Teorema Bayes

Dari berbagai kandidat sistem untuk sebuah logika induktif, kandidat yang paling berpengaruh adalah Bayesianism, yang menggunakan teori probabilitas atas wilayah kerja induksi. Teorema Bayes kemudian

digunakan untuk mengevaluasi seberapa besar kekuatan dari paham sebuah hipotesis akan berubah.

Secara sederhana, teorema-nya adalah sebagai berikut :

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

dengan penjelasan,

P(A) : probabilitas kejadian A terjadi

P(B) : probabilitas kejadian B terjadi

P(A|B) : probabilitas kejadian A terjadi bila B terjadi

P(B|A) : probabilitas kejadian B terjadi bila A terjadi

Teorema ini dapat digunakan untuk menghasilkan justifikasi yang rasional untuk sebuah paham di beberapa hipotesis, tetapi dengan kekurangan yaitu menolak objektivitas. Skema ini tidak bisa digunakan, sebagai contoh, untuk memilih secara objektif antara paradigma *science* yang memiliki konflik satu sama lain.[1]

2.3 Hempel's Raven

Raven paradox, biasa diketahui dengan nama *Hempel's Raven*, adalah sebuah paradoks yang diajukan oleh seorang pemikir logika dan filsuf *science* Carl Gustav Hempel[2] untuk mengilustrasikan sebuah masalah dimana logika induktif menyalahi intuisi. Hal ini membuka masalah fundamental dalam induksi.

Jika dua pernyataan ekuivalen secara logika, jika mereka mengimplikasikan hal yang sama persis, maka bukti untuk pernyataan yang satu juga merupakan bukti dari pernyataan yang lain. Pertimbangkan dua pernyataan “A dan B adalah orang tua saya” dan “saya adalah anak dari A dan B”. Kedua pernyataan ini ekuivalen secara logika dan mereka membicarakan suatu hal yang sama. Tidak ada suatu bukti yang mendukung pernyataan satu tanpa mendukung pernyataan yang lain. Di sini, *Hempel's Raven* menggunakan prinsip yang sama untuk menyatakan bahwa observasi dari sebuah burung kakaktua hijau atau bahkan sebuah baju biru adalah bukti dari gagal berwarna hitam.[6]

Hempel mendeskripsikan paradoks ini dalam bentuk hipotesis :

$$\text{Semua gagal}(raven) \text{ berwarna hitam} \quad (1)$$

Dalam logika, dengan bantuan hukum implikasi, pernyataan ini ekuivalen dengan :

$$\text{Semua hal yang tidak hitam bukanlah gagal} \quad (2)$$

Disini cukup jelas bahwa dalam semua kejadian dimana (2) benar, (1) juga benar; dan sebaliknya, dalam kejadian dimana (2) salah (jika kita membayangkan sebuah dunia

dimana sesuatu yang tidak hitam tapi merupakan seekor gagak ada), (1) juga akan salah. Hal ini membentuk logika yang ekuivalen.

Ketika diberikan pernyataan general seperti 'semua gagak berwarna hitam', kita biasanya akan menggunakan pernyataan yang sama dengan bentuk yang lebih spesifik dan bisa diobservasi dari hal yang general tersebut untuk mengetahui kebenarannya. Contoh :

Nevermore, burung gagak peliharaanku, berwarna hitam
(3)

Pertanyaan tersebut dengan jelas mendukung hipotesis bahwa 'semua gagak berwarna hitam'. Paradoks mulai muncul saat proses ini dilakukan kepada pernyataan (2). Saat kita melihat sebuah apel hijau contohnya, kita bisa mengobservasi bahwa :

Benda yang hijau ini (tidak hitam) adalah sebuah apel
(bukan gagak) (4)

Dengan alasan yang sama, pernyataan ini adalah bukti bahwa 'Semua hal yang tidak hitam bukanlah gagak'. Karena pernyataan ini ekuivalen dengan pernyataan (1), maka adanya sebuah apel hijau merupakan bukti bahwa semua gagak berwarna hitam. [4]

3. PEMBAHASAN

Dari dua premis yang ada, yaitu :

(EC) : Jika dua pernyataan ekuivalen secara logika, jika mereka mengimplikasikan hal yang sama persis, maka bukti untuk pernyataan yang satu juga merupakan bukti dari pernyataan yang lain.

dan

Nicod's Criterion : Proposisi dari bentuk "Semua P adalah Q" didukung dari observasi sebuah P yang partikular yang memiliki sifat Q.

dapat digabung untuk mencapai konklusi paradoks :

(PC) : Observasi dari apel hijau memberikan bukti bahwa semua gagak berwarna hitam.

Resolusi dari paradoks tersebut harus menerima salah satu dari (PC) atau menolak (*EC/Equivalence Condition*) atau *Nicod's Criterion* (NC) atau menolak keduanya. Kesimpulan yang memuaskan juga harus memberikan alasan kenapa paradoks tersebut ada.

PENERIMAAN KONKLUSI PARADOKS

Dari pendekatan-pendekatan solusi yang ada, penulis akan membahas pendekatan yang **menerima konklusi yang paradoks** terlebih dahulu. Dalam pendekatan ini, solusi yang ada adalah dari Hempel sendiri, solusi menggunakan pendekatan standar Bayes, dan solusi dengan pendekatan Carnapian.

Solusi Hempel:

Hempel sendiri, mengatakan bahwa ia menerima konklusi yang paradoks dengan alasan bahwa kesimpulan tersebut hanya terlihat paradoksial karena kita memiliki informasi dimana observasi dari bukan-gagak yang berwarna tidak hitam membuktikan kebenaran dari semua gagak berwarna hitam. Dalam kasus dimana kita mengkonfirmasi kasus yang terlihat paradoks, kita biasanya tidak langsung melihat relasi dari bukti yang diberikan. Biasanya, kita menambahkan informasi yang tidak langsung yang kita ketahui.

Disini, ilustrasi yang digunakan adalah "Semua garam sodium bila dibakar akan menghasilkan warna kuning" yang ekuivalen dengan "apapun yang dibakar tidak menghasilkan warna kuning bukanlah garam sodium". Bila kita memegang es murni dengan panas yang tidak berwarna, tentu dapat diambil kesimpulan yang mendukung pernyataan awal tapi terlihat paradoks. Hal ini terlihat karena kita memiliki informasi tambahan yaitu (1) senyawa yang kita gunakan adalah es dan (2) es tidak mengandung garam sodium. Bila kita melakukan percobaan dengan suatu senyawa kimia yang tidak diketahui, lalu didekatkan pada api dan tidak berubah atau menghasilkan warna kuning, dan akhirnya dibuktikan bahwa senyawa tersebut tidak mengandung garam sodium, kesimpulan tersebut jelas akan mendukung hipotesis awal. Jika kita mengasumsikan informasi tambahan sudah diberikan, maka apapun hasil dari eksperimen tidak akan terlihat mendukung hipotesis awal, tapi jika kita hati-hati dan menghindari referensi tersebut, paradoks yang ada akan menghilang.

Solusi Standar Bayes :

Salah satu solusi yang paling populer lainnya adalah observasi dari apel hijau memang merupakan bukti dari semua gagak berwarna hitam, tapi jumlah konfirmasi yang diberikan sangat kecil dikarenakan perbedaan banyaknya jumlah gagak dan jumlah benda yang tidak hitam. Menurut resolusi ini, konklusi ini terlihat paradoksial karena kita secara intuitif mengestimasi bahwa nilai dari bukti yang diberikan observasi sebuah apel hijau adalah 0, padahal seharusnya tidak 0 hanya merupakan nilai yang sangat kecil (solusi Bayesian standar).

Solusi Pendekatan Carnapian :

Solusi terakhir dari pendekatan yang menerima konklusi paradoks adalah dengan pendekatan **Carnapian** dengan mengubahnya menjadi sebagai berikut :

Sebuah hal (yang bukan gagak) apapun warnanya (selain hitam) membuktikan bahwa semua gagak berwarna hitam karena

(i) informasi bahwa objek ini bukan gagak menghilangkan kemungkinan bahwa objek ini merupakan contoh kebalikan dari generalisasi awal dan

(ii) hal itu mengurangi probabilitas bahwa objek yang tidak terobservasi adalah gagak, yang lalu mengurangi probabilitas bahwa mereka adalah contoh kebalikan dari generalisasi awal.

Untuk mencapai (ii), digunakan teori Carnap dalam probabilitas induktif. Menurut teori Carnap, probabilitas, $P(Fa|E)$, bahwa sebuah objek 'a' memiliki predikat 'F' setelah bukti 'E' telah diobservasi adalah :

$$P(Fa|E) = \frac{n_f + \lambda P(Fa)}{n + \lambda}$$

Dimana $P(Fa)$ adalah probabilitas bahwa a memiliki predikat F ; n adalah jumlah objek yang telah diteliti (menurut bukti E); $n(F)$ adalah jumlah objek yang telah diteliti yang ternyata memiliki predikat F, dan (λ) adalah sebuah konstanta yang menghitung resistansi terhadap generalisasi.

Jika (λ) dekat dengan 0, maka $P(Fa|E)$ akan sangat dekat dengan 1 setelah satu observasi tunggal dari sebuah objek yang memiliki predikat F, dan jika (λ) jauh lebih besar dari n, $P(Fa|E)$ akan sangat dekat dengan $P(Fa)$ seberapa besar pun jumlah objek yang diobservasi dan memiliki predikat F.

Maka dari itu, dari sudut pandang Bayesian-Carnapian, observasi dari sebuah benda bukan-gagak tidak memberikan apapun tentang warna sebuah gagak, tapi memberitahukan kita tentang kelaziman atau keumuman dari sebuah gagak, dan mendukung “Semua gagak berwarna hitam” dengan cara mengurangi estimasi jumlah gagak yang mungkin tidak berwarna hitam.

PENOLAKAN KONDISI EKIVALEN

Dalam pendekatan lain, pendekatan yang diajukan untuk **menolak kondisi ekivalen**, penulis akan membahas tiga dari banyak pendekatan yang ada, yaitu konfirmasi selektif, probabilistik dan non-probabilistik induksi, dan pendekatan ortodoks.

Pendekatan Konfirmasi Selektif :

Dalam pendekatan konfirmasi selektif, pendekatan yang dilakukan terhadap paradoks yang ada adalah dengan

memandang bahwa hipotesis yang ada tidak benar-benar dikonfirmasi, hanya dipalsukan.

Pendekatan ini dilakukan dengan catatan bahwa observasi dari gagak hitam tidak membuktikan bahwa “Semua gagak berwarna hitam” tapi menyalahkan hipotesis “tidak ada gagak yang berwarna hitam”. Benda tidak hitam bukan gagak, di sisi lain, konsisten dengan kedua “semua gagak berwarna hitam” dan “tidak ada gagak yang berwarna hitam”. Penulisnya mengatakan seperti sebagai berikut :

“.. pernyataan dari semua gagak berwarna hitam tidak bisa disetujui oleh bukti dari sebuah gagak hitam, tapi hanya difavoritkan dengan bukti itu, karena sebuah gagak hitam menyalahkan pernyataan sebaliknya bahwa “semua gagak tidak berwarna hitam”. Dengan kata lain, ia membenarkan hipotesis bahwa “semua gagak berwarna hitam daripada yang lain”, yang lalu secara selektif berarti “semua gagak berwarna hitam”.”

Konfirmasi selektif ini menyalahi kondisi ekivalen karena sebuah gagak hitam mengonfirmasi “semua gagak berwarna hitam” tetapi bukan “semua benda yang tidak hitam adalah bukan gagak”.

Pendekatan probabilistik dan non-probabilistik induksi :

Dalam pendekatan probabilistik dan non-probabilistik induksi, dikatakan bahwa tidak mungkin suatu observasi dari sebuah gagak hitam meningkatkan probabilitas dari proposisi “semua gagak berwarna hitam” tanpa mengubah probabilitas dari “semua hal bukan hitam adalah bukan gagak”. Jika observasi secara induktif mendukung hal pertama tapi tidak untuk yang kedua, maka “hal yang berpengaruh secara induktif” harus merupakan suatu hal yang mengubah probabilitas dari kedua proposisi. Sebuah keganjilan yang mungkin adalah menginterpretasikan 'semua' sebagai 'hampir semua sehingga 'hampir semua gagak berwarna hitam' tidak ekivalen dengan 'hampir semua hal yang tidak hitam adalah bukan gagak' dan keduanya memiliki probabilitas yang mungkin sangat berbeda. Hal ini kemudian menghasilkan pertanyaan yang lebih luas tentang hubungan dari teori probabilitas dengan penalaran induktif, bahwa keduanya bisa tidak saling berhubungan.

Pendekatan Ortodoks :

Pendekatan terakhir yang akan penulis bahas adalah pendekatan ortodoks. Dalam hal ini, digunakan teori hipotesis untuk mempertimbangkan bagaimana untuk menerima atau menolak suatu hipotesis daripada seberapa besar probabilitas terhadap hipotesis tersebut. Dari sudut pandang ini, hipotesis bahwa “semua gagak berwarna hitam” tidak diterima secara bertahap, dengan probabilitas

yang meningkat bila semakin banyak observasi yang dilakukan, tetapi hanya diterima dengan suatu aksi tunggal dari mengevaluasi data yang telah dikoleksi secara utuh. Seperti kata Neyman dan Pearson :

“Tanpa berharap untuk mengetahui masing-masing hipotesis yang terpisah bernilai benar atau salah, kita bisa mencari aturan untuk mengatur perilaku kita sesuai hal itu, dengan syarat bahwa dalam waktu panjang yang kita alami, kita tidak akan terlalu sering salah.”

Menurut pendekatan ini, penilaian probabilitas dari suatu hipotesis tidak diperlukan meskipun tentu saja untuk membuktikan suatu hipotesis benar atau salah, kita perlu mempertimbangkan probabilitas dari data yang diberikan maupun hipotesis yang berlawanan.

Analisis dari paradoks dari sudut pandang ini telah dilakukan, dan hal itu mengacu pada penolakan dari kondisi ekuivalen, dimana meskipun kita tidak bisa menerima hipotesis dari 'semua P adalah Q' dan menolak kontraposisif-nya, kita bisa dengan mudah melihat bahwa dari Neyman-Pearson tes teori, tes dari 'semua P adalah Q' tidak merupakan tes dari 'semua non-Q adalah non-P'. keduanya memerlukan sebuah alternatif hipotesis statistik dalam bentuk r , $0 < r < 1$, tapi dimana ada kemungkinan yang berbeda untuk keduanya. Maka dari itu, kita tidak bisa mengetes hipotesis H tanpa mengetes kontraposisifnya.

4. KESIMPULAN

1. *Hempel's Raven* merupakan salah satu paradoks dalam logika induktif, dimana melalui kondisi ekuivalen dari suatu hipotesis, kita bisa membuktikan kasus ekstrim dimana suatu hipotesis 'Semua gagak berwarna hitam' bisa dibuktikan melalui pembuktian dan observasi dari adanya benda yang tidak berwarna hitam dan bukan merupakan gagak.

2. Dari banyak cara pendekatan dan pertimbangan untuk penyelesaian paradoks *Hempel's Raven*, ada dua pendekatan yang penting yaitu membantah atau menolak kondisi ekuivalen yang ada ataupun menerima konklusi paradoks.

3. Solusi dengan pendekatan menerima konklusi paradoks diantaranya adalah :

a) Solusi Hempel, dimana paradoks hanya terlihat mengganjal karena kita mengetahui informasi tambahan yang membuat pernyataan kita tidak terlihat mendukung hipotesis awa.

b) Solusi standar Bayes, dimana setiap observasi benda tidak hitam bukan gagak akan menambahkan nilai benarnya hipotesis tapi dengan nilai sangat kecil.

c) Pendekatan Carnapian, dimana observasi dari sebuah benda bukan-gagak akan mendukung pernyataan “Semua

gagak berwarna hitam” dengan cara mengurangi estimasi jumlah gagak yang mungkin tidak berwarna hitam.

4. Solusi dengan pendekatan menolak kondisi ekuivalen diantaranya adalah :

a) Konfirmasi selektif, dimana ia menyatakan bahwa pernyataan *Hempel's Raven* menyalahi kondisi ekuivalen karena meskipun sebuah gagak hitam mengkonfirmasi pernyataan “semua gagak berwarna hitam”, ia tidak mengkonfirmasi pernyataan “semua benda yang tidak hitam adalah bukan gagak”.

b) Probabilistik dan non-probabilistik induksi, dimana pendekatan ini menyatakan bahwa hubungan dari teori probabilitas dengan penalaran induktif bisa jadi tidak ada.

c) Pendekatan ortodoks, dimana untuk membuktikan suatu hipotesis, kita perlu mengetes kontraposisifnya juga dan bisa jadi mereka memiliki nilai yang cukup berbeda karena tes mereka tidak bisa sama.

5. Dari banyak pendekatan dan kemungkinan solusi, *Hempel's Raven* masih belum memiliki cara penyelesaian ataupun kesepakatan yang utuh dalam solusi paradoksnya, diantara bahwa memang ada konklusi paradoks atau ada kesalahan dalam memenuhi premis (ekivalensi dan *Nicod's Criterion*). Paradoks ini juga merupakan salah satu tanda bahwa ilmu yang ada sekarang belum sempurna.

REFERENSI

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Bayes'_theorem – 20/12/2009
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Carl_Gustav_Hempel – 20/12/2009
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Inductive_reasoning – 20/12/2009
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Hempel's_raven – 20/12/2009
- [5] <http://id.wikipedia.org/wiki/Logika> – 20/12/2009
- [6] <http://www.logicalparadoxes.info/hempels-ravens/> – 20/12/2009
- [7] http://www.mathacademy.com/pr/prime/articles/paradox_raven/index.asp – 20/12/2009